

第 44 回公害紛争処理連絡協議会から

「低周波音の知覚・影響・評価について」

独立行政法人労働安全衛生総合研究所上席研究員 高橋 幸雄

独立行政法人労働安全衛生総合研究所の高橋と申します。よろしくお願いいたします。

あまりこういう場に慣れていなくて、話をするのもうまくないので、気楽に聞いていただければと思います。

本日は、「低周波音の知覚・影響・評価について」というタイトルでお話をさせていただきます。現在、公調委の専門委員をやらせていただいておりますけれども、公調委の委員としての現場での経験はそんなに多くないので、現場の実状については本日お越しの皆様の方が僕よりもよくご存じのことと思います。今日は、現場でどうこうという話ではなく、低周波音の知覚・影響・評価についての基礎的な部分、これまでにどういうことが分かっていて、どういうことが分からないのかを中心にしてお話させていただければと考えております。

低周波音苦情の現状

まず、最初のスライドです。これは、環境省が毎年発表している騒音規制法施行状況調査の結果です。皆様ご存じかと思いますが、この調査では、各年度に地方自治体に寄せられた低周波音に関する苦情数も集計されております。ここに示したのは、昭和48年度から平成24年度までのデータです。昭和48年度から昭和60年度頃までは年間100件を切るような数で徐々に減っていたのが、平成10年度頃から急激に増えていることが分かります。件数としましては、平成24年度が258件と一番多くなっています。一般的な騒音に対する苦情は桁が違って多いので、それに比べると数自体は少ないかと思いますが、この増え方は非常に急激だと言えます。最近になって急に低周波音を出すものが町中にあふれ出したということは考えにくいので、この増え方の原因としては、一般市民の低周波音に対する関心が増していて、何かあったら低周波音ではないかと考える人が増えているということがあるのではないかと思います。

苦情の中身を分析したのが、この結果（資料3頁）です。出典は、同じく環境省の騒音規制法施行状況調査です。ここでは苦情の原因を「工場・事業場」、「建設作業」、「道路交通」、「鉄道」、「家庭生活」、「その他」の6種類に分けて、どれに当てはまるかを集計しております。

この赤が「工場・事業場」で、一定のペースで増えています。それから、紫の「家庭生活」は数としては少ないのですが、徐々に増えています。一番目立つのが水色の

「その他」で、これが最も急な増え方をしています。

「その他」というのは、他の5つに分類できないものですが、環境省の人に伺うと、分類できないものもあるのですが、実はその発生源が不明であったものが多いということでした。つまり、苦情があったので現場で調査を試みたけれども、低周波音自体が測定されなかった。あるいは、低周波音は測定されたけれども、音源が何なのかが分からなかったということがあると聞いております。

分からなければ対処のしようもないわけで、どうしようもありません。数としては、258件の内、「その他」というのが140件、半数以上を占めております。一般市民の方が、低周波音という音があるということを聞いていて、しかも低周波音というのは聞こえないという意識があると思うので、何かよく分からないけれども、分からないものは低周波音ではないかと考えて苦情を申し立てる例があるのではないかと推測します。

つまり、低周波音という言葉が一人歩きをして、実態がよく分からないまま低周波音という言葉が使われている例も多いのではないかと考えております。

一般市民の方がインターネットで情報を得ることは多いと思いますが、皆様ご存じのように、ネット上にあふれている情報には正しいものもありますが、正しくないものもあります。そういう情報があふれていること自体は悪いことではないと思いますけれども、正しい情報を取捨選択できない場合も中には出てきてしまうわけですから、そこからさらに二次的、三次的に情報が流れることによって不正確な情報が広まったり、あるいは興味本位の情報だけが流れたりすることもあるのではないのでしょうか。

この不正確な情報が流布している原因は、ネット上の誤った情報だけとは限りません。ここに新聞記事のコピー（資料4頁）を付けています。これは某新聞の2013年3月の記事ですから、1年ちょっと前のものです。沖縄に配置されたプロペラ飛行機のオスプレイについての記事で、「低周波の基準超す」という文言があります。国内では低周波音の基準値、許容基準値や規制基準値は何も制定されておられません。それにもかかわらず、この新聞はこういう言葉を使っています。一般市民はしょうがないということではなくて、情報を取捨選択する能力があると思われるマスコミでも、このような誤った情報を流してしまうことがあるということです。特に一般市民はマスコミから情報を得ることが多いので、こういう点は注意しておく必要があるかと思えます。マスコミの方にもよく注意して情報を発信していただきたいと思えます。

最初に言いましたように、低周波音について今までに何が分かっていて、何が分かっていないのかを含めて、低周波音はこういうもので、こういう影響があるという正確な情報を発信することが必要ではないかと考えています。

今日の話の結論としては、しっかりした根拠のある情報、正確な情報を発信・普及していくことが必要ということに尽きてしまうわけですが、ここからは、低周波音に関して何が分かっていて、何が分かっていないのかを少しずつお話しさせていただきます。あまり大した話ではないので、お気軽にお聞きください。

音についての基本事項

はじめに、音についての基本的な事項の説明をさせていただきます。皆様ご存じのように、物理的現象としての音というのは、空気中の音であれば、空気の密度変化ということになります。例えば、こういうものをポンと叩くと、叩いたところで空気が圧縮され、圧縮された空気が元に戻ろうとして膨張し、膨張するとまた圧縮される。膨張と圧縮、その振動が波動として伝わっていくというのが音の本質です。

物理的現象としての音はそうですが、我々が音という言葉を使う場合はこのような物理的な現象としての音ではなく、心理的現象としての音、人間が耳で聞いて感じる音のことを指すのが普通です。

音波を聴覚器官、耳で検知して、その耳で検知した情報が神経伝達で脳まで行って、そこで情報が整理されて音というものとして知覚される。これが一般的な意味での音です。特に低周波音の場合には、この2つを区別して考えることが重要です。低周波音の一番大きな特徴としては、聞こえない、正確には聞こえにくい音ということです。つまり、サウンドレベルメータ（騒音計）で音の大きさを測定することができますけれども、物理的現象としての音が何dB出ているということではなく、その中で人間が感じる成分が何dBなのかということに注意を払わなければいけないということです。

音に関する基本的な量ですが、音を客観的に表す場合に必要な量という意味です。音の大きさと音の高さ、それから資料には書いてありませんけれども、音色というのがある、一般に音の3要素と言われています。このうち、音の大きさ、音の高さの2つが基本的な要素になります。音の大きさ、これをどう表すかといいますと、音圧レベルという物理量で表します。

音というのは空気の密度変化です。密度変化は言い換えると圧力の変化ですが、音圧レベルというのは、圧力の変化分の基準圧力に対する比をとって、その常用対数を20倍したものだとお考えください。なぜ対数なのかというと、人の耳が感じ取ることのできる空気の圧力変化というのは小さいものから大きなものまで幅が広く、普通に表すとすごく桁数の多い数字を使わないといけなくなるのですが、対数を使うとその桁数が少なくて済むということで、この対数を使っています。単位には、dB（デシベル）を使います。サウンドレベルメータを使ってスイッチを押せば何dBと出てきます。音圧レベルについては後で補足をさせていただきます。これが音の大きさです。

それから、音の高さ、これも重要です。一般的に高い音、低い音という言い方をしますが、その音の高さのことです。物理量としては周波数と言って、単位にはHz（ヘルツ）を使います。これは1秒間の振動の回数のことで、人の耳は、振動の多い音を高い音として感じます。

もう1つ、音色というのがあると言いました。音色というのは、例えばピアノで出した音とバイオリンで出した音は、同じ周波数でも違う音に聞こえます。基本になる音の周

波数成分に対して、色々な、細かい周波数成分が付随してくるのが普通ですが、ピアノとバイオリンではそういう細かい成分の種類や量が違うために、違った音に聞こえます。これを音色と言います。含まれる周波数成分の違いや、それから位相といって、波をスタート時点から重ね合わせるのか、ちょっとずらして重ね合わせるのかでも聞こえ方が変わってきます。当然音の大きさも関係してきますので、音色というのは、音の大きさと周波数の組み合わせで違ってくるということになります。

音圧レベルに関する注意

音の大きさを表す音圧レベルに関して、1つ注意していただきたいことがあります。ご存じの方が多いと思いますが、一般的な音の大きさ、例えば環境中の騒音の環境基準が何dBかというのがあります。あの場合のdBは、一般に騒音レベルと言われるものです。

詳しく言いますと、A特性の重み付けを適用したA特性音圧レベルです。A特性の重み付けというのは何かと申しますと、人の耳の感度には周波数特性がありまして、周波数の異なる音すべてを同じように聞き取れるわけではなく、聞き取りやすい周波数の音、聞き取りにくい周波数の音というものがあります。この人の耳の周波数感度に合わせた重み付け特性が、このグラフの赤で示した山形になっているラインです。これをA特性重み付けといいます。このグラフの一番高くなっているのは1 kHzから数kHzの辺りで、音としては金属的なキーンという音になります。この辺の音に対する人の耳の感度は良好なので、この辺を重み付け無しにして、それから今日の話の周波数の低くなるどころ、1000Hzから100Hz、10Hz、1 Hzと低くなるにつれて重み付けの数字がマイナス側に大きくなっていきます。つまり、周波数の低い音というのは大きな音には聞こえない音、聞き取りにくい音なので、それを含めた評価をして何dBという数字を出しても、人が感じる音の大きさを表す場合には意味がありません。それで、低周波音を無視とは言いませんけれども、意図的に小さく評価をしているのがこの騒音レベルになります。

これは、人の耳の感度を模擬したものですから、聴感上の音の大きさにほぼ対応した量になっています。通常は騒音レベルではなく音圧レベルと呼んで、単位にはデシベル、dBを使いますが、今日の話では、この下にあるものと区別するために、騒音レベルの単位にはdB(A)というものを使います。

低周波音を測定する場合に同じdB(A)を使うと、聞こえる成分を評価するという点では良いのですが、一方では低周波音を実際に存在するよりも小さく評価してしまって都合が悪いこともあります。そこで低周波音の大きさを表す場合には、A特性の重み付けではなく、平坦特性（Z特性）の重み付けを使います。このグラフでいうと青いラインで、重み付けをしないのと同じことですが、それで測定する音圧レベルを使うのが普通です。これは先ほど言いました物理的現象としての音の大きさに対応するもので、低周波音の測定をする場合だけではなくて、一般的に音の周波数分析をする場合にもこちらを使います。騒音レベルと区別するために、本日はこちらを音圧レベルと呼んで、単位にはdBにZをつけ

てdB(Z)と表すことにします。

低周波音とは？

人間の耳によく聞こえる周波数の範囲があって、一般的に、下は20Hzから上は20kHzぐらいまでが聞き取りやすい音です。その中のすべてが同じように聞こえるわけではなくて、周波数によって感度が違うわけですが、大体この範囲の音はよく聞き取れるということで、この範囲を可聴域と呼んで、その範囲の音を可聴音と呼ぶことが多いです。そこから外れた10Hzとか、25kHzでも、音が全く聞こえないわけではなくて、音圧レベルが十分に高ければ聞こえる場合もあります。もちろん感度には個人差があるので、誰にもというわけではありません。

20Hzより低い音を超低周波音と言います。逆に高い方、20kHzよりも高いものを超音波と言います。超音波ではなく、高周波音という言い方をすることもあります。

低周波音と言った場合にどの範囲の音を指すかですが、実は、低周波音というのは明確に定義された用語ではありません。研究者によって使い方が異なりますし、国によっても使い方が異なります。

日本では、環境庁（当時。現環境省）が2000年に「低周波音の測定方法に関するマニュアル」というものを出しました。そこでは、低周波音が「およそ100Hz以下の低周波数の可聴音と超低周波音を含む音波」と定義されております。ここで音波と書いてあるのは、人が感じる音、心理的な音ではなくて、物理的な音を意味するということです。この図では、超低周波音と可聴音の低いところも含めて、大体この辺までということになります。

この、低周波音の周波数範囲がはっきり決まっていない、低周波音という言葉の意味が定まっていないということも、低周波音に対する苦情が出てくる原因の1つになっている可能性があると思います。

ヒトの聴覚特性

先ほどA特性の話をしましたけれども、A特性の周波数補正の基礎になっているものがこのグラフです。人がどういうふうに音を感じるのかを示しています。一番下に点線のグラフがありますが、これが聴覚閾値です。閾値というのは音が聞こえるかどうかのぎりぎりのところ、つまりボリュームをゼロから段々と上げていって、そこを超えれば聞こえるというところです。もちろん個人差がありますから、平均的な閾値がこうだということです。

このグラフから分かることは、人間の耳というのは1kHzから数kHz辺りの音を一番敏感に感じる。それに対して周波数が低くなると、閾値が急激に上昇する。つまり感じにくくなる、ということです。しかし、先ほども言いましたように、全く聞き取れないわけではなくて、この閾値を超えてボリュームを上げると聞こえるようになります。低周波音に関してよく「聞こえない音」と言われるのですが、正確には「聞こえにくい音」というこ

とになります。苦情の現場で問題になるのは、本当に苦情者が低周波音を聞いているのか、つまり閾値を超えた低周波音が存在するのかということだと思います。

このグラフには、等ラウドネスレベル曲線というものも幾つか書かれています。等ラウドネスレベルというのは1 kHzの音を基準として、それと同じ大きさに聞こえる音の音圧レベルを結んだラインのことです。人間が聴覚で感じる音の大きさの等高線と思ってください。

重要なのはこの青の40phonのところで、これがA特性の元になっているものです。先ほどのA特性の赤いライン（資料6頁）と比べていただくと、このA特性というのは、40phonの等ラウドネスレベル曲線を引っくり返したような形になっていることがお分かりかと思います。

等ラウドネスレベル曲線は、閾値の曲線に近い形をしているのですが、そのまま平行移動したものではなくて、ちょっとずつ形が変わっていることに注意してください。特に、この数十Hz辺りのところでは、閾値の傾きは結構急ですが、一番上の水色の等ラウドネスレベル曲線になると、かなり緩やかな傾きになっています。しかも曲線の密集度が、この辺、1 kHz辺りと比べてかなり密になっています。つまり、低周波域では、ボリュームをちょっと上げるだけで人間の感じる音の大きさが急に大きくなるという特徴があります。低周波音の音圧レベルがちょっと上がっただけで、それを本当に感じている人がいれば、苦情は急に大きくなる可能性があります。

苦情者の聴覚感度

こちらに示したグラフは、苦情者が音をどういうふうに感じているのかというものを実験した結果です。どういう実験をしたかと言いますと、低周波音は大きな音に聞こえないはずだから、標準的な聴覚の人が苦情を訴えることは考えにくい。低周波音の苦情者というのは聴覚感度が普通の人よりも鋭くて、そういう人が苦情を訴えるのではないかとこのことを確かめるための実験です。苦情者と苦情を訴えない一般の方を集めて、聴覚閾値がどうなっているかを調べたものです。

その結果ですけれども、皆さんのお手元の資料では分かりづらいかもしれませんが、白丸が一般成人の閾値で、黒丸が苦情者の閾値です。比べていただくと分かりますが、閾値はほとんど変わらないし、むしろ苦情者の閾値の方が苦情を訴えない人よりも高いところにあります。閾値が高いところにあるということは感じにくいということなので、苦情者が敏感であるという考えを否定する結果でした。

もう1つ、閾値に差がなくても、例えば苦情者の集団の中に特別に敏感な人がいて、その人が訴えることによって苦情者全体の閾値が下がっているように見えるのではないかとこの可能性も考えられます。この下にSDと書いてありますが、これは、一般成人と苦情者の閾値のばらつきを示したものです。SDが大きいほど、ばらつきが大きいということになります。ばらつきが大きいということは、その集団の中に特別な人がいるという可

能性を示すことになります。これを見ていただくと分かるように、白丸、黒丸、ほとんど同じところにあり、ばらつきも苦情者と一般成人では変わらないということで、苦情者の一部に特別に敏感な人がいるという可能性も低いと考えられます。

資料の一番上に書いてありますように、聴覚感度が特別に鋭い人が苦情を訴えているわけではないということが、このグラフから分かります。

耳で感じる能力に差がないのであれば、ほかの感覚に差があつて、それで苦情を訴えているのではないかということも、可能性としては考えられます。

振動感・圧迫感の知覚（低周波音の特徴）

低周波音に関する感覚について、聴覚で感じる音の感覚以外に振動感や圧迫感を感じるということが、昔から知られています。ここに出したグラフは80年代初めに出された有名な結果で、昔からいろいろな人が引用しているものです。データとしてはちょっと古いのですが、今でも有用性は高いと思います。

どの辺りの周波数・音圧レベルで振動感や圧迫感を感じるのかを調べた結果です。ちょっと数字が小さくて見づらいですが、このグラフの一番下の曲線、これが聴覚閾値です。音は基本的に耳で感じるわけですが、音圧レベルが高くなって、黒い逆三角形の領域になると、振動感、圧迫感をよく感じるようになります。これは閾値ではないので、このラインに来ないと感じないということではないのですが、この領域では、耳で感じる音の大きさの感覚よりも、振動感や圧迫感が人の主たる感覚になると言われています。

周波数としては、逆三角形の頂点が大体40Hzから63Hzくらいになります。音の大きさ、音圧レベルで言いますと、70後半から80dB(Z)よりも高い辺りです。その辺になると、この振動感・圧迫感を感じやすくなるということが分かっております。

1つ注意していただきたいのは、一番下のライン、聴覚閾値と比べてみると、40Hz、50Hz辺りだと、聴覚閾値よりも20dB(Z)以上高い音圧レベルになって、やっと振動感や圧迫感が中心的な感覚になるということが分かります。聴覚で感じるということがまず基本になって、それよりもかなり音圧レベルが高くなしないと振動感・圧迫感は感じられないということに注意してください。

これに関係したものとして、そもそも聴覚での知覚が困難な方、ろうあ者の人たちもこの振動感で低周波を感じるという実験があります。音圧レベルがかなり高くなって、健聴者の聴覚閾値よりも30dB(Z)から40dB(Z)高くなると、ろうあ者が胸部などで振動を感じて低周波音があることに気づくということが実験的にも示されています。その場合でも音圧レベルが高くなないと感じないので、基本的には聴覚による感覚が一番重要な感覚ということになります。

低周波音による心理的影響

低周波音によってどういう影響があるのかということですが、低周波音の影響で中心

になるのは、心理的な影響、音を感じるによって嫌な感じがする、煩わしい感じがするというものです。

研究結果の例として、1つグラフを示します。低周波音の音圧レベルがどれくらいになると嫌な音になってしまうか。つまり、単純に感じるだけなら音が聞こえるというだけで済むのですけれども、それよりも音圧レベルが上がった場合に、嫌な音として感じ始めるところがあるはずです。それを調べた結果がこのグラフです。

一番下のラインが聴覚閾値です。そこから上に、どこで気になるか、それから、居間にいるときを想定して、どこまでが許容できるか。さらに寝室で、これから寝ようとしている状態を想定して、そのときにどこまで許容できるかというものを調べたものです。

10Hzから200Hzの純音に対して調べた結果、この範囲のどの周波数でも、「寝室の許容値」は聴覚閾値よりも高くなるということが分かりました。これは当たり前と言えば当たり前ですけれども、まず音が聞こえないと嫌な音にはならないということです。音が感じ取れない、つまり音圧レベルが聴覚閾値よりも低くて聞こえない場合には、心理的な影響は起きないということが、この結果から分かります。

結論としては、ここに書いてあるとおり、聴覚閾値以下の音は気にならないということになります。個人差が大きいということが昔から知られていますので、個人差の問題を考えないといけませんが、それはまた別の話になります。

低周波音による生理的影響

心理的、感覚的な影響のほかに、生理的な影響があるかどうかというのも考える必要があります。つまり感覚的に嫌な音というのではなくて、その音を聞くことによって血圧が上昇するとか、脈拍が早くなるなど、そういう影響があるかもしれません。これも昔から調べられていることですが、例えばここに示したグラフは16Hzから63Hzの純音を使って、音圧レベルは高いですけれども、80dB(Z)とか100dB(Z)の音に2分間曝露したときに心拍数がどう変わるかを調べたものです。

細かい説明はしませんが、心拍数のグラフはほとんど水平になっています。つまり上昇しなければ下降もしないということで、2分ぐらいの曝露では心拍数に影響はないだろうということが考えられます。

ここに示したのは心拍数のグラフだけですが、先ほど言いました血圧、呼吸数、体温、そういう生理的な指標に対する影響を同じように調べた結果がたくさんありますが、ほとんどの場合、変化を認めたという結果は出ておりません。80dB(Z)とか100dB(Z)という、音圧レベルが高いものを使って出ていません。住環境で発生する低周波音の音圧レベルは、ここで使われているものよりもずっと低いので、住環境で発生する低周波音であれば問題は生じないと思えるのが、自然な考え方だと思います。

低周波音による睡眠影響

次に、睡眠影響です。何回も言いますが、低周波音というのは聞こえにくい音なので、低周波音以外の一般的な騒音も同時に発生している場合には、聞き取りづらくなります。ただ、夜間になると、一般的な音源は停止することが多いので、もし低周波音の音源がずっと稼働していれば、夜間には相対的に感じやすくなるはずです。したがって、低周波音による影響を考える場合に、睡眠影響というのは考えるべき問題の1つだと思います。

低周波音による睡眠影響についての実験例は、それほど多くはありません。おそらく実験設備の問題とか、実験に手間がかかるということなどが理由ではないかと思います。ここには、過去の少ない実験例の中から1つを引用しています。

夜間に被験者が寝ている状態で、周波数は10Hzから63Hz、音圧レベルは50dB(Z)から150dB(Z)の27種類の音にランダムに30秒間曝露することを繰り返したという実験です。このグラフは、10Hz、20Hz、40Hz、63Hzの結果で、それぞれの中で右に行くほど音圧レベルが高い場合の結果です。被験者の反応率、例えば睡眠段階の浅化、深い睡眠だったのが浅い睡眠に変化したり、あるいは体がちょっと動いたり、そういうものをこの実験では反応率と定義しているのですが、その反応率をグラフにしたものです。音圧レベルが段々と高くなるにつれて、つまり各グラフの右側に行くほど、この反応率が高くなっていることが分かります。

右端に近い方では聴覚閾値を超えるような音圧レベルになっていますので、聴覚閾値を超える、つまり普通に聞こえる低周波音では軽度の睡眠影響、それによって睡眠自体が妨害されるというほどではなくて、睡眠が少し浅くなったり、ちょっと体が動いたりといった程度ですが、そのくらいの睡眠影響であれば生じる可能性があるということを示しています。

低周波音による身体的（器質的）影響

ここまでは心理的な影響と生理的な影響を話してきましたけれども、その他に体の組織が変化してしまうような、身体的な影響についても、可能性としては考えるべきです。

ただし結論から言うと、そういうことはまず起きないということになります。例えば労働環境で、大型の産業機械からかなり音圧レベルの高い低周波音が出ていて、それに何十年も曝露されるような場合だと、可能性はゼロとは言わないですけれども、通常の住環境で発生するような低周波音であれば、身体的な影響を考える必要はないと思います。

一般的な音による身体的な影響として一番重要なのは聴力障害ですけれども、低周波音というのは聞こえにくい音なので、住環境で発生する低周波音による聴力障害というのも、まず考える必要はありません。

以上をまとめると、低周波音による影響というのは、音圧レベルが聴覚閾値を超える音によって起こる心理的な影響を第一に考えなければいけないということになります。生

理的な影響はあるかもしれないけれども、可能性としては低いということになります。

低周波音による影響を評価するときに、評価する対象にするべき影響はそういうものになるわけですが、それでは、どういう指標を使ってそれを評価するべきなのかを次に考えないといけません。

低周波音による影響の評価指標は？

一般的な騒音ですと、環境基準に決められていますように、騒音レベル、dB(A)を使えばいいわけです。低周波音についても同じように騒音レベルを使えば、これはもう便利です。しかし、現実的には騒音レベルは使われていません。それはどうしてかと言いますと、80年代から多くの実験があるのですが、ここにもその1つを示します。

この実験は、2種類の音を被験者に曝露して、その被験者が感じるアノイアンス（煩わしさ）を調べたというものです。2種類の音がどういう音かと言いますと、1つは広帯域の雑音で、左側の図の黒く塗りつぶした周波数成分を持った音です。16Hzから2000Hzまでの周波数成分がほぼ均等に分布している雑音です。もう1つは、この雑音に白い部分、低周波の成分を付け加えたものです。

これはちょっとテクニカルな話になりますが、どうしてこういう音を使ったかと言うと、低周波の成分を付け加えても、先ほどA特性のところの説明しましたように、A特性ではこの辺の成分というのは小さく評価されますから、dB(A)での数値はほとんど変わりません。41dB(A)から42dB(A)になっていますが、耳に感じる音の大きさとしてはほぼ同じ音を使っていることになります。それらを使って被験者のアノイアンスを調べると、右側の図の結果になりました。ここで、Nが元の音、Mは飛ばして、Lが低周波成分を付け加えた音です。これらを比べると、耳で感じる音の大きさは変わらないはずなのに、低周波成分が付け加わった音に対してはアノイアンスが大きくなっています。騒音レベルの値がほぼ同じであっても、アノイアンスに差が生じる可能性があるということが分かります。同じような実験がたくさんされていて、同様の結果が得られています。

ということで、低周波音または低周波成分を多く含んだ音による影響を評価するときには、dB(A)での数値、つまり騒音レベルは不適當ではないかと考えられております。では、どうするかということになりますが、これなら間違いないという標準的な評価指標というのは、残念ながら確立されていないというのが現状です。

先ほど言いましたように、国内には評価基準とか許容基準もありません。環境省が、皆様ご存じの参照値というものを作っていますが、次は、その参照値の話をさせていただきます。

「心身に係る苦情に関する参照値」

環境省による「心身に係る苦情に関する参照値」は、評価基準や許容基準、規制基準という意味を持つものではありません。環境省が、低周波音に関してはいつでもこれを使

えばいいと言っているわけでもありません。使い方としては、心理的な不快感、アノイア
ンス等、心身に関する苦情が訴えられた場合に、その原因が低周波音なのかどうかを判断
するための、あくまでも目安として使うことになります。これは絶対的な基準、指標では
なくて、参照値以上であれば低周波音が原因になっている可能性が考えられますけれど、
仮に参照値以下であっても、苦情が訴えられて、本人の苦情と音源と考えられるものの間
に対応関係があれば、それは当然、何らかの対処を考える必要があるということになりま
す。

この図の右端の近く、31.5Hz以上の周波数で、参照値が聴覚閾値よりも高いところに、
つまり苦情者からすると厳しい方向に設定されていることが、よくやり玉に挙げられると
聞いています。これは、当然ですが、きちんとした理由があって、こういうふうに設定さ
れております。

「参照値」の科学的根拠

それが次のグラフになります。参照値をどうやって作ったかという、これも実験室
での実験結果に基づいております。ここで、一般成人の「寝室の許容値」の10パーセン
タイル値と書いてあります。10パーセンタイルというのは、例えば100人いたとすれば、
下から10%、10人目までの人がそこに入っている値のことです。下から10%の値なので、
平均値を使うのに比べて、感覚の場合であればより敏感な例に対応していることになりま
す。苦情者を例にすれば、より敏感な苦情者にも適合しやすく設定されているということ
になります。

お手元ではっきり分かるかどうか分からないですけれども、一般成人の「寝室の許容
値」の10パーセンタイル値というのが、この黒い太いラインです。苦情者の「気になる
レベル」の10パーセンタイル値というのが、黒のダイヤになります。それらがほぼ一致
していることが分かります。一般成人の「寝室の許容値」の10パーセンタイル値なら、
一般成人のデータに基づいていますから、大部分の人に適用できる可能性が高く、かつ、
苦情者の「気になるレベル」の10パーセンタイル値にも近いので、苦情者の訴える苦情
にも対応できると考えられます。

それから、この実験を行った当時の実際の苦情例を利用して、この参照値が本当にそ
れらの苦情と苦情にならない場合を分別できるのかということもチェックされています。
その結果、この参照値によって苦情の有り／無しが判別できることも確認されております。

「心身に係る苦情に関する参照値」は、このような実験データに基づいて作られてい
ますので、しっかりした科学的根拠を持っていると言えるものです。

「参照値」に関する注意点

先ほども言いましたように、参照値というのは許容基準でもないし、規制基準でもあ
りません。法的な強制力があるものでもありません。使う場合には幾つかの限定条件があ

ります。例えば、対象は、固定音源からの変動幅が小さい低周波音に限ります。つまりこれは自動車、航空機からの音のように、音源が移動するものにはそもそも適用しないものです。それから、変動幅の大きい低周波音、大きく周期的に変動するような音には適用しないものです。

参照値と比べる場合、単に音を測って比べればいいというものではなく、その手順の中で音源との対応関係をしっかり確認しなさいということを環境省も言っています。つまり参照値との比較をするだけでなく、苦情者の訴えと音源と考えられるものの稼働状況の関係、つまりオンになったら苦情が出る、オフになったら苦情が消えるという対応関係をきちんとチェックして、対応関係の有無をしっかりと確認しなさいというふうになっております。また、あくまでも住民の苦情に対処するためのものであって、環境アセスメント等へは利用しないということも書かれております。

まとめと今後の課題

ここまで話してきたことをまとめますと、現時点で得られている科学的な知見からは、聴覚閾値以下の低周波音が問題になる可能性はかなり低いと考えられます。ただ、現実的には、低周波音が測定されない現場でも苦情が出ているのは事実です。それから、低周波音に対する反応に個人差が大きいことも分かっていますが、その個人差の原因は何だろうか、これも分かっておりません。ということで、この個人差を究明するということも含めて、今後の課題として考えられることを幾つか挙げておきます。

1つは、過去の低周波音を使った実験というのは、低周波域の純音や、帯域幅の狭いバンドノイズを使った実験がほとんどです。けれども、一般的に現場で発生している音というのはそういう単純な音ではなく、いろいろな周波数を含んだ複合音である場合がほとんどです。当然、可聴域の音も含まれています。そういう複合音であるとか、あるいはさっき参照値を適用しないといった変動音、時間的に音の大きさが変わるような変動音についても、データを蓄積していく必要があります。

それから、ここに曝露時間と書いてありますが、実験室での実験というのは人を使うわけですから長時間はできません。短ければ数分から、せいぜい1、2時間ぐらいの短時間しか低周波音に曝露できません。それに対して実際の苦情現場では、住民は何か月とか何年という単位で曝露されることになります。その場合の影響がどうなるかというのは、実験室では分かりません。そのように曝露時間の長い場合にどうなるかということを調べる必要があります。これは実験室の実験ではできないので、現場での聞き取り調査、疫学調査などが必要になってきます。

それから、低周波音以外の要因も考える必要があります。最初に音源が特定できない苦情が多いと言いましたが、苦情者自身は低周波音だと思っているけれども、実は他に原因があるという可能性があります。単に可聴域の音を低周波音と間違えていることもあるでしょうし、振動が原因になっている場合があるかもしれません。自分の耳に耳鳴

りがある、それを他からの音と勘違いしている場合もあるという報告も幾つか出てきております。このような、低周波音以外のことが原因になっている場合を、きちんと判別できるようにする必要があります。

医学系研究者の参加と書いてありますけれども、日本では理工系の研究者が低周波音の研究・評価に携わっていることが多く、医学系研究者、医者が携わっているという例を僕はほとんど知りません。当然のことですが、どういうふうに音を知覚して、どういうふうに影響が出るかというのは、医学的な根拠に基づいて研究する方が良いに決まっていますので、今後医学系の研究者に参加していただくと低周波音に対する研究・評価も進んでいくだろうと思います。

最後に、科学的に正しい情報の発信・普及についてですが、ここまでは分かっているけれども、ここから先は分からない。そういう分かっていることと分かっていないことをはっきり区別した上で、科学者・研究者はそれを正確に伝える努力をすることが必要だと考えています。一方でそれを受け取る側の方々には、受け取った情報を歪みなく広めていただければ有難いと思います。

以上でございます。どうもありがとうございました。